



Hvordan måles innholdet av organisk materiale og karbon i norsk jord?

NORSØK FAGINFO Nr. 1 2019

Norsk senter for økologisk landbruk

Reidun Pommeresche, NORSØK, Randi B. Frøseth, NIBIO og Hugh Riley, NIBIO.

Kontakt: reidun.pommeresche@norsok.no

I Norge brukes oftest glødetap av tørr, siktet jord som mål på innhold av organisk materiale i dyrka jord. I mineraljord med økende innhold av leire, må glødetapet korrigeres ned mer og mer for å finne det virkelige innholdet av organisk materiale i jorda. Både organisk materiale, mold og humus inneholder foruten karbon også flere andre grunnstoffer. Det er vanlig å beregne at organisk materiale i jord i snitt inneholder 50-58 % karbon.



Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Innledning

Organisk materiale i jord kan defineres som molekyler som inneholder karbon (C) og som stammer fra planter eller dyr. I Norge er det mest vanlig å analysere innholdet av organisk materiale i jord ved glødetapsanalyse. Begrepet organisk materiale kan også inkludere *levende* planter og større

jordlevende organismer, men innholdet av dem måles på andre måter. Samtidig er ikke skillet mellom levende og dødt materiale like skarpt i jorda som vi er vant til å betrakte det, for eksempel for husdyr eller mennesker.

En rotbit eller rotceller som løsner kan bruke lang tid på å dø (visne). Mange bakterier lever i rotsonen, rundt organisk materiale og i meitemarkekskrementer i jorda. Er slike partikler levende eller dødt materiale?

Mold og organisk materiale er begreper som brukes om hverandre, men mold er gjerne en mer omdannet del av det organiske materialet i jorda. På tysk, og noen steder på norsk, kalles mold og omdannet organisk materiale for *humus*. Det er imidlertid ofte litt ulike tolkninger av flere av disse begrepene.

Felles er at både organisk materiale, mold og humus inneholder foruten karbon også oksygen, hydrogen, nitrogen, svovel og flere mineraler. For å finne innholdet av karbon i jord må først glødetapsverdien nedjusteres via omregninger for å finne det mest mulig korrekte innholdet av organisk materiale i jorda.

| Provetype | | Jordprøver | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|------------------------|-----|--------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Merking | Skifte | Volum- vekt kg/l | pH | Jord- art | Leir- klasse | Mold % | Mold- klasse | P-AL mg/100g | P- klasse | K-AL mg/100g | K- klasse | Mg-AL mg/100g | Ca-AL mg/100g | Na-AL mg/100g | Gløde- tap % TS |
| | 1 | 1.1 | 6.7 | 5 | 2 | 8.4 | 3 | 18 | D | 7 | 2 | 6 | 460 | >6 | 9.4 |
| | 2 | 1.7 | 8.1 | 9 | 3 | 0.5 | 1 | 110 | D | 16 | 3 | 36 | 480 | <4 | 2.5 |

| Jordarter | |
|---------------------|---|
| 1 Grovsand | 8 Silt |
| 2 Mellomsand | 9 Lettleire |
| 3 Finsand | 10 Siltig lettleire |
| 4 Siltig grovsand | 11 Mellomleire |
| 5 Siltig mellomsand | 12 Stiv leire |
| 6 Siltig finsand | 13 Mineralblandet moldjord (20,5-40,4 % humus) |
| 7 Sandig silt | 14 Organisk jord (>40,4% humus) |

| Leirinnhold | Moldinnhold |
|-------------|-------------------------------|
| 1 < 5 % | 1 Moldfattig 0-2,9 % |
| 2 5-10 % | 2 Moldholdig 3-4,4 % |
| 3 10-25 % | 3 Moldholdig 4,5-12,4 % |
| 4 25-40 % | 4 Moldholdig 12,5-20,4 % |
| 5 > 40% | 5 Mineralbl. mold 20,5-40,4 % |
| | 6 Organisk >40,4 % |

Tabell 1. Jordanalyser fra to gårder i Norge i 2016/2017. Skifte 1 er jordart 5, siltig mellomsand, og skifte 2 er jordart 9, lettleire. Det er glødetapstallene og moldinnholdet som er innringet og som diskuteres i teksten. Tallverdier for jordart, leirinnhold og moldinnhold forklares i tekstboksene

Eksempler på jordprøver

Gårdbrukere anbefales å analysere jorda på ulike deler av gården med noen års mellomrom. Tabell 1 viser resultatene av jordanalyser av jord fra en graskløvereng (skifte 1) på Nordmøre og en grønnsaksjord (skifte 2) i Lier på Østlandet. Skifte 1 er jordart 5 som betyr siltig mellomsand og den andre jorda er jordart 9 som kalles lettleire. Skifte 1 hadde et glødetap på 9,4 % av TS og moldinnholdet ble beregnet til 8,4 %. Skifte 2 hadde et glødetap på 2,5 % og moldinnhold på 0,5 %. Hvorfor er moldinnholdet lavere enn glødetapet? Hvorfor er moldinnholdet så mye lavere enn glødetapet i leirjord? Hvor mye karbon er det egentlig i disse to jordprøvene og i jord fra ulike steder i Norge?

Figur 2. Jord som skal analyseres for glødetap lufttørkes og



siktes gjennom en sikt med 2 mm maskevidde før analysen. Tørr jord før sikting (over) og jord etter sikting (t.h.) Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Organisk materiale måles oftest som glødetap

Glødetapsanalyser er en av de mest brukte metodene for å måle mengden organisk materiale i jord. Det er likevel ikke en felles standard i verden på hvordan dette skal gjøres. Både valg av materialet som analyseres, størrelsen på prøven, temperatur og glødetid kan påvirke nøyaktigheten av en glødetapsanalyse (Hoogsteen m. fl. 2015).

I Norge måles innholdet av organisk materiale i jord vanligvis som glødetap av luft-tørr jord som er siktet slik at partiklene som analyseres er mindre enn 2 mm. Siktingen innebærer at større rester av planter, røtter eller meitemark er fjernet, i tillegg til grus og stein som er større enn 2 mm. Etter siktingen tørkes jorda ved 105°C til stabil vekt, for å dampe vekk vann og finne tørrstoffinnholdet. Så brennes den samme jordprøven i en glødeovn ved 550° C i minst 3 timer.

Ved denne forbrenningen, kalt gløding, vil karbon, men også oksygen, hydrogen, nitrogen og svovel fra jordprøven forsvinne som gass. Innholdet av organisk materiale blir da differansen mellom tørr vekt av jord og vekt av asken som er igjen etter gløding, og oppgis i % av tørrstoffinnholdet. Kalsium, fosfor, kalium, magnesium og diverse mikronæringsstoff blir igjen i asken som dannes. Vekttapet kalles organisk materiale.

Moldinnhold er nedjustert glødetap

Når jordprøven glødes, stammer mesteparten av vekt tappet fra jordas organiske materiale, men vekt tappet kan også skyldes tap av karbonater, flyktige salter, ammonium, samt vann og strukturendringer av leirmineralene i jorda (Riley 1996). Forhold knyttet til leire i jordprøven betyr mest for norske jordtyper, hvor det er lite kalsiumkarbonat i jorda fra før. Når glødetapet nedjusteres for leirinnhold får vi et mer nøyaktig mål på innholdet av organisk materiale i jorda, som oppgis som moldinnhold i jordanalysene (Tabell 1). Det er vanlig å trekke fra 1-4,5 prosentpoeng fra glødetapstallverdien for å beregne moldinnholdet (Tabell 2). Datagrunnlaget for disse korreksjonene er fra Ekström (1926), men brukes enda (Krogstad, 2009).

Tabell 2. I praksis når leirinnholdet ikke er kjent i jordprøven, vil glødetapsverdien nedjusteres med et korreksjonstall, basert på jordarten den er klassifisert innen. Tabellverdier er hentet fra Krogstad (2009) etter tall fra Ekström (1926)

| Jordart | Leirinnhold | Korreksjonstall |
|-----------------------------|-------------|-----------------|
| sand og silt, annen jordart | 5-9 % | 1 |
| letteleire | 10-24 % | 2 |
| mellomleire | 25-39 % | 2,5 |
| stiv leire | 40-59 % | 3,5 |
| meget stiv leire | > 59 % | 4,5 |

Jordarten på skifte 1 på Nordmøre var siltig mellomandsand. Den kommer i gruppen «annen jordart» og det blir derfor trukket fra ett prosentpoeng fra glødetapsverdien. Dette korrigerte glødetapet, oppgitt som moldinnhold, blir derfor 8,4 % der (Tabell 1). Skifte 2, med høyere leirinnhold i jorda, kommer i klassen letteleire i tabellen over. Derfor blir det der et fratrekk på 2, direkte av glødetapsverdien, og moldinnholdet blir bare 0,5 % (Tabell 1). *Moldinnholdet* i jordanalyser anses som et mer nøyaktig mål på innhold av *organisk materiale* i jorda.

Egne analyser for karbonbestemming i jord

Innholdet av karbon i jorda kan også bestemmes ved at fortørket og siktet jord brennes i en strøm av oksygen og ved enda høyere temperatur (1600 °C), i en elementanalysator. Mengden av CO₂-gass som dannes i prosessen blir målt og gir et mål på total C i jorda. Disse verdiene må også korrigeres for leirinnhold og eventuelle karbonater, og gjøres ikke helt likt overalt. Når forbrenningstemperaturen er over 700-800°C vil også karbonater i jorda spaltes. Det betyr at dersom jorda inneholder kalk kan totalinnholdet av karbon målt etter denne forbrenningsmetoden gi for høyt innhold av organisk

karbon dersom det ikke korrigeres for karbon i karbonatene. Når vi leser om «soil organic carbon», altså karboninnholdet i jorda som stammer fra *organisk materiale*, er det oftest slike analyser som er brukt. Det kan også være omregnet fra glødetapsverdier, da bør det stå en formel for hvordan. I elementanalysatoren brukes ofte små mengder jord, ned mot 0,1 g. Glødetapsmålinger bruker større mengde jord (> 25 g) og er som regel mye billigere for laboratorier å gjennomføre. Begge metodene har sine styrker og svakheter.

Organisk materiale er ca 50 % karbon

Det er utfordrende å bruke bare ett tall (en faktor) for å veksle mellom organisk materiale i jord (SOM) og organisk karbon (SOC). Innholdet av karbon er ikke helt likt i alt organisk materiale. I gjennomsnitt inneholder organisk materiale, mold og humus ca 58 % C, det gir likning $SOM \times 58\% = SOC$, med omregningsfaktor på 1,72 (Pribyl 2010). Flere data og mulighet for å sammenligne nye og eldre data indikerer at 58% er noe høyt, og at det kanskje er riktigere å bruke verdien 50 % (Pribyl 2010). Dette gir en likning med litt høyere omregningsfaktor: $SOM = SOC \times 2$.

Generell huskeregel

Karbon fra organisk materiale i jord stammer fra planterester, husdyrgjødsel og jordliv. Karbonet kan komme fra komplekse organiske strukturer som humussyrer, lignin, kitin og cellulose, men også fra mindre og enklere organiske forbindelser, samt mikroorganismer, sopp og små rottdeler (Schmidt m. fl 2011, Lehmann og Klebe 2015).

Antar vi at 50 % av det organisk materialet i jordprøven er karbon, kan man forenklet bruke denne likningen:

organisk materiale i jord = organisk karbon x 2

Glødetap er en enkel og rimelig metode som gir et brukbart mål på samlet innhold av brennbart organisk materiale som finnes i jord, men den viser innholdet av mer enn karbonet i de organiske molekylerne i jordprøvene. Jordprøvene i eksemplet, viser da 9,4 % organisk materiale (glødetap) og 8,4 % mold (en mer nøyke verdi for innholdet av organisk materiale) for skifte 1 og henholdsvis 2,5 % og 0,5 % for skifte 2.

Enten *glødetapstallet* eller *moldinnholdet* divideres med to og vil gi oss karboninnholdet, men hvilken er mest korrekt og hvilken bruker vi? Den vanligste måten er å bruke *glødetapsverdien* dividert på to, men den mest korrekte er kanskje *moldinnholdet* dividert med 2. Det aller viktigste er imidlertid å dividere glødetapsverdien eller moldinnholdet og ikke bruke verdien direkte når vi snakker om *jordas organiske karboninnhold* (SOC).

Tabell 3. Likninger for organisk karbon (OC) i jord, der prosent glødetap (GT) og prosent leire (LEIR) inngår.

| | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------------|------------|------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|
| Moreneletteleire | OC= 0,446*GT - 0,039*LEIR | | | antall=144 | R ² =0,97 | middelfeil=0,27 |
| Mellom/stiv leire | OC= 0,372*GT - 0,0151*LEIR | | | antall=56 | R ² =0,98 | middelfeil=0,17 |
| | Moreneletteleire | | | Mellomleire/stiv leire | | |
| | Leir% | Glødetap% | Org. C | Leir% | Glødetap% | Org. C |
| Middel | 16,1 | 4,2 | 1,2 | 38,6 | 4,1 | 0,9 |
| Maks. | 42,0 | 9,9 | 3,6 | 63,6 | 8,2 | 2,5 |
| Min. | 4,0 | 1,4 | 0,1 | 24,4 | 1,6 | 0,2 |
| Std. avvik | 6,2 | 2,6 | 1,2 | 7,6 | 2,2 | 0,9 |

Mer eksakt omregning i norsk jord

Et annet alternativ er å benytte likninger hvor man beregner innholdet av organisk karbon basert på glødetapstall med korreksjon for målt leirprosent. Da unngår man å måtte ta stilling til om karboninnholdet er 50 eller 58% av SOM. Slike likninger vil trolig variere fra sted til sted, som følge av ulikheter i opphavsmaterialet.

Eksempel for to slike likninger er gitt i Tabell 3 (Riley, upublisert). Følgende likninger er basert på jordprøver fra Mjøsområdet (moreneletteleire) og Ås-området (marin mellomleir/stiv leire). De dekker den vanlige spredningen i karbon- og leirinnhold som finnes på dyrket jord i slike områder. Begge bruker en korreksjon for jordas leirinnhold.

Ved et glødetap på 4 % og et leirinnhold på 16 %, gir likningen for moreneletteleire et innhold av organisk karbon på 1,2. Slike formler er ekstra viktige i jord med høyt leirinnhold og lavt glødetap, hvor et generelt fratrekk på glødetapstallverdien for leirinnhold kan gi negative verdier for moldinnholdet. Figur 2 viser beregnede verdier for organisk karbon (OC) ved fem glødetapsnivåer (GT-nivå) innenfor spredningen i leir- og karboninnhold som likningene i Tabell 3 dekker. Flere detaljer om glødetap og innhold av organisk materiale finnes hos Riley (1996) og Hoogsteen m. fl. (2015).

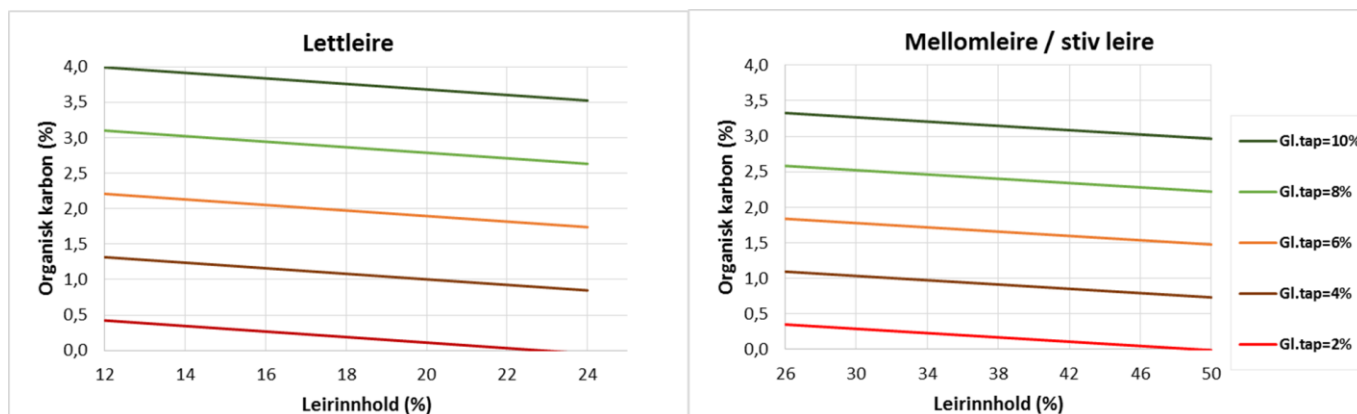
Mer tydelig i begrepsbruken

Innholdet av organisk materiale, mold og karbon i jord henger tett sammen, men må ikke forveksles når vi i sammenlikninger *verdier* i ulike undersøkelser.

Generelt gir *glødetapet* best mål for innhold av *organisk materiale* i jordartsklassene mineralblandet moldjord og organisk jord og jordarter med lavt leirinnhold (< 9 %). Det er også der minst forskjell mellom *glødetapet* og *moldinnholdet* (mer nøye innhold av organisk materiale). I slik jord er også karboninnholdet nærmest 50 % av både glødetapsverdien og verdien for beregnet moldinnhold.

I mineraljord med økende innhold av leire, vil glødetapet derimot måtte korrigeres ned mer og mer for best mulig mål for *moldinnholdet* (det *reelle* innholdet av organisk materiale) og i etterkant beregning av karboninnholdet. I slik jord blir det større forskjell mellom glødetapsverdien og moldinnholdet.

Det blir også viktigere å beregne karboninnholdet mer nøyaktig, og ikke dividere *glødetapsverdien*, men *moldinnholdet* med 2. Dette fordi leirinnholdet påvirker glødetapsverdien mye og gir i slik jord et langt lavere reelt innhold av organisk materiale enn glødetapsverdien viser.



Figur 2. Figurene viser beregnede verdier for organisk karbon (OC) ved fem ulike glødetapsnivåer innenfor spredningen i leir- og karboninnhold som likningene i Tabell 3 dekker. Likningene i Tabell 3 er brukt.

På skifte 2 (Tabell 1) var det 0,5 % moldinnhold i jorda etter direkte fratrekk på 2 (Tabell 2) fra glødetapstallet 2,5. Den beregningsmetoden gir et innhold av organisk karbon på $0,5/2 = 0,25$ % karbon. Dette utgjør et karboninnhold på 10 % av glødetapstallet. Bruk av samme glødetapstallverdi 2,5 og leirinnhold (maks 25%) i likningen i Tabell 3 ($OC = 0,446 \cdot GT - 0,039 \cdot LEIR$) gir et innhold av organisk karbon på 0,14 % karbon. Da utgjør karboninnholdet bare 5,6 % av glødetapstallet. Innholdet av karbon blir mye mindre enn glødetapet dividert med 2 i begge beregningene.



I leirholdig jord er verdiene som glødetapanalysen gir mest forskjellig fra det virkelige innholdet av organisk materiale.

Ingen av målingene tar med karbon i større røtter eller meitemark

I en vid definisjon av begrepet organisk materiale og karbon i jord, snakker vi også om levende røtter og meitemark, samt større biter av dødt organisk materiale i form av halmrester og grastorver under omdanning. Uttak og sikting gjennom 2 mm sikt av jordprøvene som skal analyseres, tar dermed ikke med like mye organisk materiale fra alle kildene i jorda.

Det organiske materialet som vi analyserer er dermed en blanding av mer eller mindre godt nedbrutte planterester, små jordorganismer, meitemark-ekskremitter, små rottdeler, jordlevende sopp og bakterier, samt molekyler skilt ut av disse.

Dette er den fjerde fagartikkelen i serien av fire om organisk materiale i jord. Hva det er, hvordan det undersøkes og måles, samt praktiske metoder for å forvalte organisk materiale i landbruksjord. Artiklene utgis som NORSØK – FAGINFO og er et samarbeid med prosjektet Økologisk Foregangsfylke «Levende Matjord» og KIL- prosjektet «JordBio – Mer jordliv og bedre jordstruktur i enge og beiter».



Hverken større planterøtter, organiske rester eller meitemark tas med i jordprøvene som analyseres for glødetap eller karbon. Dette må vi ha i bakhodet når vi diskuterer karbondynamikk i jord.



Figur 3. Det er diffus overgang mellom levende og dødt organisk materiale i jord. Humus- og moldmolekyler i jorda kan sees på som iskrystaller; ingen er helt like, men de kan både vokse og minke avhengig av kjemiske, biologiske og fysiske prosesser i jorda. Illustrert her ved iskrystaller på meitemarkekskremitter (haugen med jordklumper) med delvis omdannede grasrester på kantene og et blad som marken har prøvd å dra ned i gangen sin. (Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK)

Referanser

- Ekström, G. 1926. Klassifikation av Svenska Åkerjordar SGU Ser C nr 345.
- Hoogsteen, M.J.J. m fl. 2015. Estimating soil organic carbon through loss on ignition. European Journal of Soil Science 66, 320-328.
- Krogstad, T. 2009. Laboratoriemetoder til emnet JORD212 - Jordanalyser. Institutt for plante- og miljøvitenskap, NMBU.
- Lehmann, J. og Kleber, M. 2015. The contentious nature of soil organic matter. Nature, 528, 60-68.
- Pribyl, D.W. 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. Geroderma 156, 75-83
- Riley, H. 1996. Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. Norwegian Journal of Agricultural Science, Supplement No. 25, 51 pp.
- Schmidt, M. W. I. m. fl., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature 478, 49, 49- 56.
- Les mer om jordliv, fangvekster, grønngjødsel, eng, bakterier, sopp, encellede dyr, spretthaler og meitemark i egne temaark som finnes på www.agropub.no.



Innholdet av organisk materiale og karbon i jord kan analyseres og beregnes på flere måter. Dette diskuteres i artikkelen. Fra venstre mot høyre tre eksempler på jord i Norge, med avtagende mengde organisk materiale; myrjord, morenejord og leirholdig jord. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Hvordan måles innholdet av organisk materiale og karbon i norsk jord?

Nr. 1 | 2019

NORSØK FAGINFO

Ansvarlig redaktør: Turid Strøm

Forfattere: Reidun Pommeresche, NORSØK, Randi B. Frøseth, NIBIO og Hugh Riley, NIBIO.

ISBN: 978-82-8202-079-4

www.norsok.no